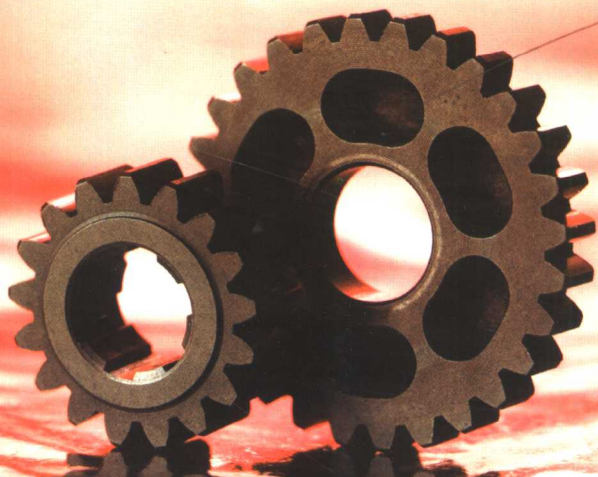


机械可靠性 与故障分析

(日) 額田啓三 著

王茂庆 (日) 柯发钦 译

(日) 塩見弘 孙惠琴 校



国防工业出版社
National Defense Industry Press

机械可靠性与故障分析

(日)額田啓三 著
王茂庆 (日)柯发钦 译
(日)塩見弘 孙惠琴 校

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分五部分:可靠性技术的本质,理解工厂的可靠性工作,机械故障分析基本知识,初期可靠性工作的事例,工厂可靠性工作的实际经验。全书深入浅出地阐明了机械可靠性的特点,详细分析了机械产品的常见故障,提出了根据企业实际条件开展机械产品可靠性工作的思路和实用方法。

本书供从事机械产品设计,试验,故障分析的工程技术人员以及企业的管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械可靠性与故障分析 / (日) 额田啓三著; 王茂庆, 柯发钦译. —北京: 国防工业出版社, 2006.4

ISBN 7-118-04236-6

I. 机... II. ①额...②王...③柯... III. ①结构可靠性②机械-故障诊断 IV. ①TB114.3②TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 136683 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 365 千字
2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

序 言

随着工业技术的迅猛发展,机械设备的容量和参数日益提高,一旦故障停机,造成的经济损失和危害也随之增加,市场和用户对机械产品的质量需求已不满足于一般的功能与性能的保证,而是希望其能长时间保持良好性能并具备最低的全寿命周期费用,也就是要求产品具有较高的可靠性。因此,为了适应用户的需求,保持机械产品的竞争优势,机械制造企业必须加强产品的可靠性改进和提高工作。

但是,如何能有效地改进和提高机械产品的可靠性,一直是困扰机械工程人员的难题,尤其是中小型机械制造企业,由于设计开发和试验力量薄弱,不知从何做起更有效。国外的“可靠性工程”技术引入后,曾引起许多机械工程人员的兴趣,但最后发现实践起来困难非常多。这是因为可靠性工程技术起源于电子产品领域,它的一些分析方法和计算模型主要是适应电子产品的故障特点。而机械产品的故障与电子产品的故障有很大的不同,机械产品的故障类型复杂,零部件的标准化程度低,对特定的产品具有特定的可靠性信息,很难像电子产品那样具有通用的元器件故障率数据积累。尤其是复杂一些的机械设备,可靠性试验费用大、周期长,要通过试验积累可靠性数据也相当困难。为此,机械产品的可靠性工作应有其自身的特点,许多企业一直在探索。

本书作者是原日本日立公司的总工程师,从事了近30年的设计、质量保证、可靠性的推进与普及指导工作,并且多次访问中国,与国内机械行业的技术人员进行过较为广泛的技术交流。该书是他在总结多年工作实践基础上提出的有关改进和提高机械产品可靠性的一些工作经验和建议。全书深入浅出地阐明了机械可靠性的特点,详细分析了机械产品的常见故障,提出了根据企业实际条件开展机械产品可靠性改进、提高工作的思路和实用方法,预期对国内的机械企业开展可靠性工作会有很大的启发和指导价值。

孙惠琴

2005年11月

前 言

一、如何使用此书

(1) 本书供生产中、小型(单件)民用、工业产品的中小机械制造企业的技术及管理人员使用,可作为开展产品可靠性工作的初步参考,重点放在可靠性工作的准备、开展和管理上。

(2) 下列产品领域不在本书说明的范围内:

- ① 大型机械系统。
- ② 航空器、火箭、兵器等尖端产品。
- ③ 电子产品。

上述①、②领域应在初级阶段学习后进行。

(3) 有关可靠性基本理论、方法的学习可阅读专业书籍。

二、本书执笔的目的和经过

1. 笔者根据在中国的可靠性工作指导的经验做出的判断

1) 笔者在日本及中国的指导经验

(1) 笔者在日本的经验。至执笔本书的 2001 年为止,笔者在日本(日立制作所、日东电工株式会社、日本科学技术联盟 JUSE、日本可靠性学会 REAJ)约从事了 30 年的设计、质量保证、可靠性技术的实际业务及其发展、指导普及等工作,该期间正是日本引进可靠性技术并逐步走向普及、应用的成熟时期。

(2) 笔者在中国的经验。笔者从 1978 年起曾有机会与中国的原第四机械工业部及原机械电子工业部进行过交流,1981 年到 2001 年共 14 次访华。在此期间得到了机械工业部、邮电部的大力支持,能够与从事可靠性工作的技术人员进行交流,并调查了工业用中小型机械、电子工业产品的可靠性状况,访问了工厂,举办了各种讲座,对实际工作进行了指导。

2) 笔者眼中的中国中小机械工业的可靠性技术的实况

- (1) 众多的研究机构发表了有关可靠性基本研究的成果。
- (2) 出版发行了很多有关可靠性基础理论等的启蒙书。
- (3) 做实际工作的有经验者执笔的以实际工作为中心的指导书较少。
- (4) 外国文献中的有关电子的文献已普及,相比之下有关机械的文献少(这是世界性的倾向,不只限于中国)。

(5) 机械工业的历史悠久,在采用可靠性技术以前,机械技术人员在解决机械故障时采取了各种对策,积累了相应的经验。在采用可靠性技术以后,需要修正过去的做法,多少有些不适应(日本也有同样的倾向)。

(6) 由于上述原因,从事机械可靠性工作的技术人员没有充分理解新采取的可靠性技术的本质,故带有如下倾向:

① 与故障分析、事故状况调查那样的实地实物的调查的工作相比,更重视统计结果这样的抽象的资料。

② 有些方法适用于电子产品,但错误地用在机械产品上(其原因在(4)中)。

(7) 作为企业环境,产品的设计和制造的机构分离的现象很多。

(8) 从中小企业的现状来看,从事可靠性工作的工厂技术人员大多未能明确知道设计内容或原设计者的设计思想。

可靠性改进基本上是设计改进,故以上这些倾向将会使工作走上狭路。关注到这些问题,为弥补这些缺陷,本书的中心是介绍笔者的经验。

3) 笔者对可靠性工作的基本看法

因下述理由应将可靠性工作的重点放在现行产品的改进上。

(1) 现行产品的可靠性改进。为了迅速提高中小机械企业的整体可靠性水平,必须改善现有设计的可靠性,为向(2)前进打下良好的基础。

(2) 高可靠性新产品的设计。若根据可靠性技术和理论设计新产品,则能达到高可靠性的目的。为此需要设计人员、设备、知识、技术及信息等。实施的企业必须要达到某种程度规模的技术水平。

4) 失败的事例

为了给可靠性实际工作提供参考,需要有失败的事例,而一般发表的论文和文献中成功的事例多,失败的事例少。本书将尽量介绍笔者自身的经验及知识。

2. 此书执笔的方针

1) 对象

本书限于最初级的机械产品的可靠性工作。在近代机械中,像机械手、数控、计算机终端等电子与机械一体化的系统已成为主流,因此进一步学习是必不可少的。希望读者读完本书后继续学习其他类型产品的可靠性。

2) 翻译方针

本书的前提是用中文发行,著者用日文写出原稿,再被译成中文。在这过程中得到了中国机械工程学会可靠性工程分会的原秘书长孙惠琴女士的协助和指导。

在可靠性技术的术语方面,虽然日文和中文的文字相同,但在专门定义上存在着微妙的差别。因此在开始翻译之前,著者首先查阅了具有权威性的科学技术用语辞典,从中选出用于本书的日文可靠性用语的有关中文译词,孙惠琴女士在此基础上选定并修正了在中国的可靠性技术中实际使用的正确术语,编

辑成翻译术语集。译者以此为参考翻译了本书。

此外将著者的日语原稿直译成中文时,有些含义不明之处,对此根据孙惠琴女士的意见进行了修正。

在本书的翻译和原稿的整理中得到了3位朋友的协助。

3. 本书的构成

1) 构成

第1部分 可靠性技术的本质;

第2部分 理解工厂的可靠性工作;

第3部分 机械故障分析的基本知识;

第4部分 初期可靠性工作的实例;

第5部分 工厂可靠性工作的实际经验。

附录:本书使用的概念、术语的补充。

附录1 关于特殊的概念、术语;

附录2 用语集;

附录3 推荐书籍;

附录4 引用资料的文献目录。

2) 关于推荐书籍、参考文献

在此类书中引用作为叙述基础的参考文献是普通的做法,但基于如下理由:

(1) 中国的中小企业难以得到日本或欧美文献。

(2) 关于中国的文献,著者未能充分调查,故无法介绍。

因此虽然不是著者的本意,也只好删去有关需要参考文献的技术内容的叙述,而停留在众所周知的事实水平上,以笔者的个人经验和意见为中心叙述。

此外根据孙惠琴女士的推荐,将与本书的论述观点相接近的图书作为推荐图书列在附录3中,这将有助于本书的学习。

(3) 在日本发行的引用资料的文献目录列在附录4中。在此谨对准予引用的各位著者致以谢意。

4. 致谢

日文原稿,特别是有关术语分析等部分已请笔者尊敬的前辈盐见弘博士做了详细的校阅,并在重要部分中引用了他的意见,在此谨致谢意。

本书能够在中国发行,与中国机械工程学会可靠性工程分会的大力支援是分不开的。在翻译、编辑、术语的斟酌、校对等方面得到了众多友人的帮助,此外在版权问题的处理及本书的印刷、发行方面也得到了出版社各位先生的协助。

谨在此表示衷心的感谢!

額田啓三

2005年1月6日

目 录

第 1 部分 可靠性技术的本质

第 1 章 可靠性活动的目的····· 1	数值····· 11
1.1 可靠性就是在用户中所产生的价值····· 1	2.3 指数分布和威布尔分布····· 12
1.2 可靠性为什么成为问题····· 3	2.3.1 广泛使用的指数函数(指数分布)····· 12
1.3 要考虑故障后的状态····· 4	2.3.2 在最简化的场合下使用指数分布····· 12
1.4 排除技术人员的主观臆断····· 4	2.3.3 实际工作中指数分布和威布尔分布并用····· 12
第 2 章 数理统计在可靠性实际工作中的应用····· 6	2.3.4 从分布形式推定故障原因的可能性····· 12
2.1 可靠性量化的具体目的····· 6	2.3.5 受阿仑纽斯公式支配的电子零部件的故障····· 13
2.1.1 常用的可靠性量化指标····· 6	2.4 实际工作所必要的函数处理····· 13
2.1.2 可靠性工作和量化的关系····· 6	2.4.1 为什么使用威布尔分布····· 13
2.1.3 量化的目的和本质····· 7	2.4.2 威布尔分布应当用于不可修产品····· 15
2.1.4 量化目的和要求的特性····· 7	2.4.3 威布尔概率纸图形的主要性质····· 16
2.2 关于函数的见解····· 8	2.5 威布尔概率纸的描点和图形解读····· 24
2.2.1 对统计理论的误解····· 8	2.5.1 描点····· 24
2.2.2 函数的利用····· 8	2.5.2 形状参数 m 的作图解法····· 26
2.2.3 时间 t 以外的变量····· 9	2.5.3 复合模式的分析和分离····· 26
2.2.4 单一模式、单一机制及单一函数的应用原则····· 11	
2.2.5 整机产品的故障概率特性····· 11	
2.2.6 故障概率的表达····· 11	
2.2.7 重视故障模式的信息而不仅是故障概率	

2.5.4 改进可靠性的效果	27	2.8.2 数据抽出的方法	40
2.6 故障概率的含义、误差和 审定	27	2.8.3 各种处理方法	40
2.6.1 小样本量的故障 数 n	27	2.9 机械的可靠性试验计划	44
2.6.2 机械产品的寿命	27	2.10 现场数据和可靠性试验 结果的比较	45
2.6.3 对机械产品分析需要 高概率值的累计故障 概率 F 数据	28	第3章 机械故障的本质	49
2.6.4 故障率的计算	28	3.1 故障的本质	49
2.6.5 故障率的置信 区间值	28	3.1.1 构成故障的三要素	49
2.6.6 关于故障率递增型的 考虑	29	3.1.2 三要素的关系	50
2.6.7 可靠性管理中常用的 故障率 λ 的含义	30	3.2 故障和损坏	51
2.7 现场故障信息的获得和 处理	32	3.2.1 故障和损坏的区别	51
2.7.1 获得现场信息的 必要性	32	3.2.2 静态故障和动态 故障	53
2.7.2 获得现场信息的 问题	32	3.3 故障的连锁	53
2.7.3 现场信息的获得、传达 及信息质量的问题	33	3.3.1 故障连锁的性质	53
2.7.4 现场数据收集的 原理	34	3.3.2 故障连锁的形式	55
2.7.5 应收集的原始资料的 斟酌和整理	34	3.3.3 切断连锁的进展	55
2.7.6 分析处理原始信息的 方针	37	3.4 挥发性故障和非挥发性 故障	57
2.7.7 批量的集合	38	3.5 耗损性故障	58
2.7.8 关于现场数据的 小结	39	3.6 冲击破坏性故障	59
2.8 将故障模式分离后描点	39	3.6.1 基本性质	59
2.8.1 数据混合的形态	39	3.6.2 与缓冲功能的关系	59
		3.6.3 冲击破坏的表现 形式	60
		3.7 疲劳破坏	60
		3.7.1 疲劳破坏的现象	60
		3.7.2 突发性	61
		3.7.3 周知的事实	61
		3.7.4 疲劳故障的处理	61
		3.8 以腐蚀为诱因的破坏	63
		3.8.1 事例	63
		3.8.2 腐蚀的防止	64
		3.8.3 不锈钢未必不生锈钢	64
		3.9 因磨损造成的故障	64

3.9.1 磨损的性质	64	混合的区别	72
3.9.2 支配磨损的因素	64	4.2.4 早期发生的故障中有难	
3.10 因屈服造成的故障	65	以区别的中间区域	74
3.10.1 材料的基本性质	65	4.2.5 站在用户的立场考虑	
3.10.2 弹簧中的屈服	65	早期故障的影响	75
3.10.3 压力计感压管的		4.3 缺陷和故障的性质本质	
屈服	65	不同	75
3.10.4 难以屈服的材料	65	4.3.1 质量可测定、可通过	
3.11 因振动引起的故障	65	直接管理得到保证	75
3.12 功能降低故障	66	4.3.2 可靠性不能直接测定,	
3.12.1 定义	66	而靠间接管理来保证	76
3.12.2 故障率受故障状态		4.3.3 对可靠性工作错误地	
定义的影响	66	使用了质量管理的手法	76
3.12.3 功能降低故障的故障		4.4 可靠性试验和质量保证	
机制	66	试验的差异	76
3.12.4 功能降低故障和失效		4.4.1 质量保证试验	76
安全设计	68	4.4.2 可靠性试验	77
3.12.5 功能降低故障的		4.4.3 老化、筛选	77
查出	68	4.4.4 磨合运行	77
3.12.6 功能降低故障在可靠		4.4.5 可靠性监控试验	78
性技术中的位置	68	4.4.6 质量保证试验和可靠	
3.13 轻微故障	68	性试验的比较	78
第4章 对质量管理和可靠性		4.4.7 机械产品可靠性试验	
管理的关系的理解	69	的问题所在	78
4.1 关于质量的两种学说	69	4.5 实际工作中的质量管理和	
4.1.1 基本定义	69	可靠性管理的关系	79
4.1.2 根据异常发生的时期		4.5.1 生产过程管理的重点	
进行区别	70	是质量管理	79
4.2 根据狭义定义区分缺陷和		4.5.2 关于“规范”的说明	81
故障	70	第5章 与可靠性分析有关的	
4.2.1 实施对策的方法、部署		机械的构成和功能	83
不同	70	5.1 可靠性模块的理解	83
4.2.2 互相交叉并存的质量		5.1.1 以模块化为前提的	
和可靠性管理	71	分析	83
4.2.3 为什么需要考虑到这种		5.1.2 在实际工作中的	

分析	84	5.6 待机系统	91
5.2 从分层结构处理问题的 角度考虑	84	5.6.1 待机系统的定义	91
5.2.1 对零部件、单元的分解 或组合	84	5.6.2 待机系统的可靠性	91
5.2.2 电子产品与机械产品 的分解之差	85	5.6.3 待机系统可靠性的 数学模型	91
5.3 基础零部件	85	5.6.4 待机系统故障的 性质	92
5.3.1 单件	85	5.6.5 组装到非待机系统中 的待机系统	93
5.3.2 将联结看成一个零 部件	85	第 6 章 维修	95
5.4 将产品分解为可独立分析 的可靠性单元组合	86	6.1 维修的概念	95
5.4.1 电子产品和机械产品 可靠性单元处理的 不同之处	86	6.2 维修的必要性	96
5.4.2 对机械产品进行定量 分析	86	6.2.1 现实意义	96
5.4.3 故障分析的实施	87	6.2.2 必须进行完善的维修 的理由	96
5.5 可修产品和不可修产品	87	6.2.3 维修的条件不是固定 的、而是变化的	97
5.5.1 可修产品和不可修 产品的定义	87	6.2.4 维修要求的变化	97
5.5.2 修理对象	88	6.3 维修的种类	98
5.5.3 零部件、单元的寿命 特性	88	6.3.1 参与人员	98
5.5.4 长期观测的可修产品 的故障概率	89	6.3.2 从作业的形态看维修 的形态	98
5.5.5 更换方式和故障概率	89	6.3.3 按产品种类区分的 维修的性质	99
5.5.6 威布尔分布只限于不 可修产品使用	89	6.3.4 维修作业的内容	99
5.5.7 采用累积故障概率的 对数 H 、时间对数的坐 标纸对可修产品进行 分析	90	6.4 维修内容和可靠性的 关系	101
5.5.8 MTBF、MTTF	90	6.4.1 预防维修和事后维修	101
		6.4.2 考虑到维修的产品 的设计	102
		6.5 修理和更换的分离	103
		6.5.1 修理能否在现场 进行	103
		6.5.2 维护、修理的实例	103
		6.5.3 由用户进行维修	104

6.6 维修性故障(由维修引起 的故障)	105	可靠性标准	118
6.7 通过改善维修来提高 可靠性	106	7.3.2 对策的多样化	119
6.8 维修和制造厂家的关系 ..	106	7.3.3 环境的多样化	119
6.8.1 制造厂家应关注维修 ..	106	7.3.4 安全环境	119
6.8.2 关于维修消耗品的 考虑	107	7.4 机械产品对周围环境的 影响	119
6.9 维修记录	107	7.5 环境问题和安全问题的 关系	120
6.10 停机时间的管理	108	第8章 产品安全性	121
6.10.1 作为可靠性评价 目标的可用率	108	8.1 产品安全性与质量、 可靠性工作的关系	121
6.10.2 DT的要素	109	8.1.1 系统安全性和单个 产品的安全性	121
6.10.3 DT管理和改善	110	8.1.2 单个产品的安全性 ..	121
6.11 维修的特殊性质	110	8.1.3 安全性管理的特点 ..	122
6.12 用户修理与假冒零部件 ..	111	8.2 安全性问题的基础	124
第7章 环境和机械故障	112	8.2.1 人是涉及的对象	124
7.1 环境和机械的关系	112	8.2.2 人在安全性方面的 弱点	124
7.1.1 产品的开发方式和 可靠性工作的考虑 ..	112	8.3 与人有关的安全性(模式) ..	127
7.1.2 环境对电子产品和 机械产品的影响的 比较	112	8.4 公平地实现安全性	129
7.1.3 环境的分类	113	8.4.1 相同产品的不同制造 厂家之间的安全性 差别	129
7.1.4 环境的社会要素	113	8.4.2 相同使用者使用的 不同的类似产品的 安全水平	129
7.2 在中国应注意的周围 环境要素	116	8.5 产品废弃后的安全性	129
7.2.1 由黄沙带来的细微 尘埃	116	8.6 对系统安全的观察	130
7.2.2 盐害	116	8.6.1 订货方应采取的 手段	130
7.2.3 低温	116	8.6.2 制造厂家一方应采取 的手段	131
7.2.4 超载	117	8.7 安全性只靠产品是无法 维持的	132
7.3 可靠性工作对环境问题 的处理	118		
7.3.1 对应环境状态的产品			

8.8 具体的安全性管理工作 …	133	8.9 发生安全问题时的处理 …	133
------------------	-----	------------------	-----

第2部分 理解工厂的可靠性工作

第1章 理解可靠性工作的

内容 ……………	136	1.5.9 公共的机械产品故障 分析机构 ……………	148
1.1 可靠性工作的出发点 ……	136	1.6 质量管理数据的可追 溯性 ……………	149
1.1.1 可靠性工作的原则 …	136	1.6.1 定义与目的 ……………	149
1.1.2 适合工厂体制的工作 方法 ……………	136	1.6.2 区分设计与质量管理 的问题 ……………	150
1.2 从外部信息来了解现在 产品的可靠性程度 ……	136	1.7 故障发生与故障原因探求 的逻辑推理顺序 ……	151
1.2.1 信息是可靠性工作的 基础 ……………	136	1.8 确认设计条件 ……	151
1.2.2 从外部收集信息的 方法 ……………	137	1.8.1 应予确认的条件 ……	151
1.3 工厂内可靠性工作实施 规范的设计 ……………	137	1.8.2 设计原因的确认 方法 ……………	152
1.4 设计 ……………	138	1.8.3 确认实际载荷 ……	153
1.4.1 设计的三要素 ……	138	1.9 故障原因确定后的处理 …	153
1.5 故障分析 ……………	140	1.10 持久性的工作 ……	155
1.5.1 故障分析在可靠性 工作中所占的地位 …	140	1.10.1 通过长期计划解决 问题 ……………	156
1.5.2 首先回收故障品 实物 ……………	141	1.10.2 保持稳定的可靠性 …	156
1.5.3 回收故障品实物的 问题 ……………	141	1.10.3 不断完善可靠性 工作 ……………	156
1.5.4 无法回收故障品 实物 ……………	142	第2章 可靠性工作的目标、产品 性质与企业体制的匹配 …	157
1.5.5 不同国情在回收故障 品实物方面的差异 …	142	2.1 分析自己工厂具备的必要 条件 ……………	157
1.5.6 实施故障分析 ……	143	2.1.1 一般条件的再确认 …	157
1.5.7 故障模式影响分析, 故障树分析 ……	144	2.1.2 分析必要的工厂职能 的程序概要 ……	157
1.5.8 设计评审 ……	147	2.2 决定可靠性改善难易度的 两要素 ……………	158
		2.2.1 产品的设计环境	

(条件1).....	158	设计	164
2.2.2 产品的制造、使用业绩 (使用履历环境)	159	2.7.2 通过技术合作、合营, 转让设计	165
2.2.3 难易度的判定	159	2.7.3 关键词是竞争力	165
2.2.4 解决各难易度所需的 工厂体制	159	2.7.4 企业规模的问题	165
2.2.5 确认适合的工厂体制 水平	159	第3章 可靠性工作是信息处理 工作	167
2.3 条件匹配与否决定可靠性 工作的成败	160	3.1 有效地推进实现可靠性 管理	167
2.3.1 工作要取得成功,需要 适合的体制水平	160	3.1.1 放眼全局,谋求合理 的推进管理	167
2.3.2 解决容易的故障与困难 的故障	160	3.1.2 可靠性工作项目的 定义	168
2.3.3 中小机械企业在产品 设计的基本条件准备 方面存在精疏之差	160	3.1.3 把可靠性工作看成 一个系统工程	168
2.4 可靠性工作的方针	161	3.1.4 可靠性的逻辑推理 过程	168
2.4.1 对解决故障问题能力 的判断	161	3.1.5 从信息组织的角度 来看可靠性计划	169
2.4.2 实行计划与改善体制	161	3.2 信息的质量问题	169
2.5 可靠性工作的专门机构 与职责分工	161	3.3 作为可靠性工作项目成果 的信息的性质	169
2.6 与外部协作企业的交涉 能力	162	3.3.1 可靠性工作项目所输 出的信息的多面性和 不确定性	170
2.6.1 协作企业的实体	162	3.3.2 多面性、不确定性的 斟酌	171
2.6.2 难以说服进行改进 的理由	162	3.3.3 实际工作中对信息不 确定性的处理	172
2.6.3 以朋友相待,说服进行 改进	162	3.3.4 各种信息的性质	173
2.6.4 不能说服对方时的 处理	163	3.3.5 信息的互补性	175
2.7 可靠性工作中设计部门的 问题	163	3.4 健全的信息系统	176
2.7.1 研究所担任开发		3.4.1 与人体对应的可靠性 信息系统	176
		3.4.2 不健全的信息系统	176

第4章 认识 MIL-STD、ISO—9000 等国际标准	178	4.1.5 QS—9000	181
4.1 国际标准概要	178	4.2 对标准的认识	181
4.1.1 来历不同的标准造成应用的混乱	178	4.2.1 标准在中国的应用	181
4.1.2 美国 MIL 标准, MIL 手册, 宇宙航空局标准	178	4.2.2 中国的中小机械企业如何与国际标准协调	182
4.1.3 ISO—9000 系列	180	4.2.3 作为标准形式的可靠性数值	182
4.1.4 IEC—300	181	4.2.4 企业对标准的认识	183
		4.2.5 关注实际的可靠性	183

第3部分 机械故障分析的基本知识

第1章 泄漏及防泄漏	186	1.4 防泄漏的基本结构	190
1.1 泄漏问题	186	1.4.1 静态密封和动态密封	190
1.1.1 忠实于理论	186	1.4.2 接触材料	190
1.1.2 依据泄漏的容许量, 管理的严格程度不同	186	1.4.3 接触压力的产生机构	191
1.2 以设计标准化为背景的防泄漏设计	186	1.5 防泄漏理论的简单说明	191
1.2.1 进行新设计时	186	1.5.1 静态型密封	193
1.2.2 对设计条件不明确的现行产品的改进	187	1.5.2 静态型密封的诊断	193
1.2.3 基本结构不适合	187	1.5.3 锥管螺纹连接	196
1.3 泄漏问题的对象	187	1.5.4 填料密封	196
1.3.1 流体种类	187	1.5.5 O 形环	198
1.3.2 流体的特性	188	1.5.6 轴封	199
1.3.3 影响泄漏问题的使用条件	188	1.6 泄漏问题的特殊性质	199
1.3.4 引起泄漏变化的要素	188	第2章 螺栓联结	201
1.3.5 容许的泄漏量	188	2.1 螺栓联结的可靠性问题	201
1.3.6 泄漏量的数值化	189	2.1.1 问题所在	201
1.3.7 泄漏的影响	189	2.1.2 螺栓松动的现象	202
1.3.8 泄漏的检出	190	2.2 螺栓的松动	203
		2.2.1 为使螺栓不产生松动, 对螺纹面形状的要求	203

2.2.2 针对螺纹形状原因的 防松对策	204	弹簧	220
2.2.3 螺栓长度、退刀槽等结 构引起的松动	205	3.4.2 不锈钢冷加工弹簧 ..	220
2.2.4 振动引起的松动	207	3.4.3 磷青铜弹簧	220
2.2.5 适当的拧紧	208	3.4.4 铍青铜弹簧	220
2.2.6 防松动措施	209	3.5 弹簧可靠性的评价	220
2.3 螺栓松动的诊断	210	3.6 弹簧安装部位的结构	221
2.4 对可靠性要求高的螺栓 ..	211	3.7 弹簧的标准化	221
2.4.1 起重用吊环螺栓	211	3.8 产品制造厂家的弹簧 质量管理	221
2.4.2 飞机用的螺栓	211	3.9 备件的保管	222
2.5 螺栓直径对松动的影响 ..	212	第4章 轴承及其润滑	223
2.6 采购螺栓时的矛盾	212	4.1 掌握轴承及其润滑系统 故障的方法	223
2.6.1 相互矛盾的条件	212	4.2 轴承可靠性问题的 特殊性	223
2.6.2 现实地加以对应	212	4.2.1 故障的性质	223
第3章 弹簧	214	4.2.2 注意使用环境的变化 趋势	224
3.1 弹簧的质量、可靠性 问题	214	4.3 使用环境的变迁	224
3.1.1 弹簧作为独立的可靠 性单元	214	4.4 润滑方式	226
3.1.2 弹簧是故障的根源 ..	214	4.5 适当的润滑油	227
3.1.3 标准化的困难	215	4.6 旋转摩擦扭矩	228
3.1.4 弹簧制造厂家管理 困难的原因	215	4.7 润滑油脂的性质	228
3.1.5 解决的途径	216	4.8 滚珠轴承	229
3.2 弹簧的故障模式	216	4.8.1 完全标准化的商品 ..	229
3.2.1 屈服	216	4.8.2 存在质量的差距	229
3.2.2 弹簧颤振	217	4.8.3 设计中的降级使用 ..	229
3.2.3 折断	217	4.8.4 滚珠轴承使用上的 问题	230
3.2.4 电镀处理而致的 折断	218	4.8.5 滚珠轴承的偏心	230
3.2.5 滚轧板簧的折断	219	4.8.6 滚珠轴承的推力	231
3.3 诊断和对策	219	4.8.7 滚珠轴承故障的 诊断	231
3.4 特殊的弹簧材料	220	4.8.8 滚珠轴承的故障 对策	231
3.4.1 析出硬化型不锈钢			

第4部分 初期可靠性工作的事例

第1章 Komatsu公司(旧小松制作所)的事例	234	2.1 产品对象的性质	237
1.1 提出可靠性计划的背景和动机	234	2.2 改进前的状况	237
1.1.1 当时处境	234	2.2.1 现场信息情报的收集情况	238
1.1.2 自力建立与外国技术对抗的技术	234	2.2.2 故障分析的实情与实施有效的对策	238
1.2 公司整体的可靠性计划	234	2.2.3 原因追究和对策的状况	238
1.2.1 市场调查	234	2.3 着手分析	238
1.2.2 设定分析结果的目标	235	2.3.1 根据手头不完全的资料进行数据分析	238
1.2.3 结果	235	2.3.2 分析过程	238
1.2.4 建立全公司的可靠性系统	235	2.4 对策	240
1.3 本事例的经验教训	235	2.5 本事例的经验教训	240
1.4 笔者的意见	236	2.5.1 挥发性故障的分析经验不足	240
1.4.1 重视现场信息情报	236	2.6 改进后的工厂可靠性系统	241
1.4.2 企业体制	236		
第2章 冷冻装置用压缩机的改良	237		

第5部分 工厂可靠性工作的实际经验

第1章 可靠性工作的准备	242	1.4.1 最初的故障信息的质量	245
1.1 制订阶段性发展计划	242	1.4.2 故障概率的计算	245
1.1.1 在最初阶段不期待完善	242	1.4.3 利用威布尔分析反推零部件的故障模式	246
1.1.2 首先评价现状和自身水平	243	1.4.4 可修产品的累积故障概率对数曲线的描点	246
1.1.3 计划	243	1.4.5 事故信息的分析	246
1.2 自我评价本公司可靠性工作实施能力	243	1.5 调查结果的整理和分类	247
1.3 工作着手前的准备计划	244	1.5.1 故障品(相同类型品)映像的再现	247
1.4 故障的重现及故障状态的把握	245		